

09/89023

30.11.00

日本国特許
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 15 DEC 2000	
WIPO	PCT

JP00/08472

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年11月30日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第341206号

出願人
Applicant(s):

ソニー株式会社

KU

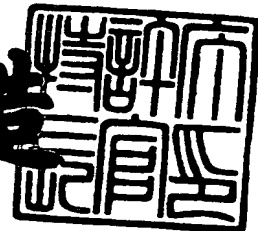
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3082352

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900875604

【提出日】 平成11年11月30日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01R 9/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号ソニー株式会社内

 【氏名】 佐部 浩太郎

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号ソニー株式会社内

 【氏名】 長谷川 里香

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100082740

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田辺 恵基

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 048253

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9709125

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボット装置及びその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の情動からなる感情モデル及び又は複数の欲求からなる本能モデルを有し、所定条件で順次更新される上記感情モデルの各上記情動のパラメータ値及び又は上記本能モデルの各上記欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置において、

上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を、段階的に増減させるように制限する制限手段

を具えことを特徴とするロボット装置。

【請求項 2】

上記制限手段は、

外部から与えられる所定の刺激の累積及び又は経過時間に基づいて、上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を段階的に増減させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 3】

上記情動及び又は上記欲求の各パラメータ値並びに所定の行動モデルに基づいて上記行動を生成する行動生成手段と、

外部から与えられる所定の刺激の累積及び又は経過時間に基づいて、上記行動生成手段における上記行動モデルを成長レベルの高い上記行動モデルに変更する行動モデル変更手段とを具え、

上記制限手段は、

上記行動モデル変更手段が上記行動モデルを変更するのに合わせて、上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を増減させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 4】

上記感情モデルは、

上記情動として、喜び、悲しみ、怒り、驚き、嫌悪及び恐れの上記情動

を有する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 5】

上記本能モデルは、

上記欲求として、運動欲、愛情欲、食欲及び好奇心の 4 つの上記欲求を有することを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 6】

上記刺激及び又は上記経過時間に基づいて、各上記情動のパラメータ値及び又は各上記欲求のパラメータ値を、各上記情動及び又は各上記欲求に介して個別に設定された対応する感度で順次更新する情動及び又は欲求更新手段と、

環境を評価し、当該評価結果に基づいて各上記情動及び又は各上記欲求に対する各上記感度をそれぞれ更新する感度更新手段と

を具えることを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 7】

複数の情動からなる感情モデル及び又は複数の欲求からなる本能モデルを有し、上記感情モデルの各上記情動のパラメータ値及び又は上記本能モデルの各上記欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置において、

外部から与えられる刺激及び又は経過時間に基づいて、各上記情動のパラメータ値及び又は各上記欲求のパラメータ値を、各上記情動及び又は各上記欲求に対して個別に設定された対応する感度で順次更新する情動及び又は欲求更新手段と

環境を評価し、当該評価結果に基づいて各上記情動及び又は各上記欲求に対する各上記感度をそれぞれ更新する感度更新手段と

を具えることを特徴とするロボット装置。

【請求項 8】

上記感度変化手段は、

上記環境を、順次更新される各上記情動のパラメータ値及び又は各上記欲求のパラメータ値に基づいて評価する

ことを特徴とする請求項 7 に記載のロボット装置。

【請求項 9】

上記感情モデルは、

上記情動として、喜び、悲しみ、怒り、驚き、嫌悪及び恐れの上記情動を有する

ことを特徴とする請求項 7 に記載のロボット装置。

【請求項 10】

上記本能モデルは、

上記欲求として、運動欲、愛情欲、食欲及び好奇心の上記欲求を有することを特徴とする請求項 7 に記載のロボット装置。

【請求項 11】

複数の情動からなる感情モデル及び又は複数の欲求からなる本能モデルを有し、所定条件で順次更新される上記感情モデルの各上記情動のパラメータ値及び又は上記本能モデルにおける各上記欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置の制御方法において、

上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を制限する第 1 のステップと、

上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を段階的に増減させる第 2 のステップと

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

【請求項 12】

上記第 2 のステップでは、

外部から与えられる所定の刺激の累積及び又は経過時間に基づいて、上記行動に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を段階的に増加させる

ことを特徴とする請求項 11 に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項 13】

上記ロボット装置は、

上記情動及び又は上記欲求の各パラメータ値並びに所定の行動モデルに基づいて上記行動を生成すると共に、外部から与えられる所定の刺激の累積及び又は経過時間に基づいて、上記行動生成手段における上記行動モデルを成長レベルの高

い上記行動モデルに変更し、

上記第2のステップでは、

上記行動モデル変更手段が上記行動モデルを変更するのに合わせて、上記行動生成に使用する上記情動及び又は上記欲求の数を増減させる

ことを特徴とする請求項11に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項14】

上記感情モデルは、

上記情動として、喜び、悲しみ、怒り、驚き、嫌悪及び恐れの上記情動を有する

ことを特徴とする請求項11に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項15】

上記本能モデルは、

上記欲求として、運動欲、愛情欲、食欲及び好奇心の上記欲求を有することを特徴とする請求項11に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項16】

上記第2のステップでは、各上記段階ごとに、

上記刺激及び又は上記経過時間に基づいて、各上記情動のパラメータ値及び又は各上記欲求のパラメータ値を、各上記情動及び又は各上記欲求に介して個別に設定された対応する感度で順次更新する更新ステップと、

環境を評価し、当該評価結果に基づいて各上記情動及び又は各上記欲求に対する各上記感度をそれぞれ更新する感度更新ステップとを具える

ことを特徴とする請求項1に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項17】

複数の情動からなる感情モデル及び又は複数の欲求からなる本能モデルを有し、上記感情モデルの各上記情動のパラメータ値及び又は上記本能モデルの各上記欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置の制御方法において

外部から与えられる刺激及び又は経過時間に基づいて、各上記情動のパラメータ値及び又は各上記欲求のパラメータ値を、各上記情動及び又は各上記欲求に対

して個別に設定された対応する感度で更新する第 1 のステップと、

環境を評価し、評価結果に基づいて各上記情動及び又は各上記欲求に対する上記感度をそれぞれ更新する第 2 のステップと

を具えることを特徴とするロボット装置の制御方法。

【請求項 1 8】

上記第 2 のステップでは、

上記環境を、順次更新される各情動の上記パラメータ値及び又は各上記欲求の上記パラメータ値に基づいて評価する

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項 1 9】

上記感情モデルは、

上記情動として、喜び、悲しみ、怒り、驚き、嫌悪及び恐れの上記情動を有する

ことを特徴とする請求項 1 7 に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項 2 0】

上記本能モデルは、

上記欲求として、運動欲、愛情欲、食欲及び好奇心の上記欲求を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載のロボット装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明はロボット装置及びその制御方法に関し、例えばペットロボットに適用して好適なものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、人間の感情を計算機上でモデル化し、これを表現する研究が盛んに行われている。またこのようなモデル化のロボット工学的な試みとして、日本国内では、東京理科大学 原文雄研究室の顔ロボットや、早稲田大学理工学部 菅野研究室のWAMOEBA2、オムロン株式会社の猫ロボットなどがある（「人工感情生成の

モデルと表出」 原文雄 数理科学 vol.32, No.7, page52-58, 1994、「人間とロボットの情緒交流に関する研究 評価用ロボット”WAMOEB-2”の設定と試作」 尾形、菅野 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集 vol.1.A 1996, pp449-452、「感情をもったインタラクティブペットロボット」 田島、斉藤、大角、工藤、柴田 日本ロボット学会学術講演会予稿集 vol.16, page11-12, 1998)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところでこれらの研究では、始めから完成された感情・本能モデルを用いていかに生物に近い行動や表現を得ることができるかが主題となっている。しかしながら生物の成長過程を考えた場合、幼年期から成長期にいたるまで常に同じようなモデルに基づいて感情や本能が動作しているとは考えられない。このためかかるモデル化は「成長」という側面から見ると不自然な問題があった。

【0004】

またペットとして扱う自律型ロボットに感情や本能をもたせるアプリケーションについて考えた場合にも、最初から完成された感情や本能をもったロボットはユーザにとって理解が困難で受け入れ難いものである。例えば本能として複数の欲求（例えば「愛情欲」及び「運動欲」など）をもち、また感情として複数の情動（例えば「喜び」、「悲しみ」及び「恐怖」など）をもったロボットでは、その内部の動きが複雑であるために、現在ロボットが何を欲していてどのような感情状態にあるのかをユーザが理解することは難しい。

【0005】

さらにかかるロボットにおいて感情・本能が変化せずに常に同じであることは、ユーザが飽きやすく、商品性及びアミューズメント性において不十分な問題もある。

【0006】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、アミューズメント性を向上させ得るロボット装置及びその制御方法を提案しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため本発明においては、所定条件で順次更新される感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルの各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置において、行動生成に使用する情動及び又は欲求の数を、段階的に増減させるように制限する制限手段を設けるようにした。この結果このロボット装置では、感情及び又は本能を、本物の生物の感情及び又は本能が「成長」するかのごとく変化させることができる。

【0008】

また本発明においては、感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルの各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置において、外部から与えられる刺激及び経過時間に基づいて、各情動のパラメータ値及び又は各欲求のパラメータ値を、各情動及び又は各欲求に対して個別に設定された対応する感度で順次更新する情動及び又は欲求更新手段と、環境を評価し、当該評価結果に基づいて各情動及び又は各欲求に対する各感度をそれぞれ更新する感度更新手段とを設けるようにした。この結果このロボット装置では、各情動及び又は各欲求の感度を、環境に対して最適化することができる。

【0009】

さらに本発明においては、所定条件で順次更新される感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルにおける各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置の制御方法において、初期時において行動生成に使用する情動及び又は欲求の数を制限する第1のステップと、行動生成に使用する情動及び又は欲求の数を段階的に増減させる第2のステップとを設けるようにした。この結果このロボット装置の制御方法によれば、感情及び又は本能を、本物の生物の感情及び又は本能が「成長」するかのごとく変化させることができる。

【0010】

さらに本発明においては、感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルの各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置の制御方法において、外部から与えられる刺激及び経過時間に基づいて、各情動のパラメー

タ値及び又は各欲求のパラメータ値を、各情動及び又は各欲求に対して個別に設定された対応する感度で更新する第 1 のステップと、環境を評価し、評価結果に基づいて各情動及び又は各欲求に対する感度をそれぞれ更新する第 2 のステップとを設けるようにした。この結果このロボット装置の制御方法によれば、各情動及び又は各欲求の感度を、環境に対して最適化することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0012】

(1) 第 1 の実施の形態

(1-1) 第 1 の実施の形態によるペットロボットの構成

図 1 において、1 は全体として第 1 の実施の形態によるペットロボットを示し、胴体部ユニット 2 の前後左右にそれぞれ脚部ユニット 3 A ~ 3 D が連結されると共に、胴体部ユニット 2 の前端部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット 4 及び尻尾部ユニット 5 が連結されることにより構成されている。

【0013】

胴体部ユニット 2 には、図 2 に示すように、CPU (Central Processing Unit) 10、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 11、フラッシュROM (Read Only Memory) 12、PC (Personal Computer) カードインターフェース回路 13 及び信号処理回路 14 が内部バス 15 を介して相互に接続されることにより形成されたコントロール部 16 と、このペットロボット 1 の動力源としてのバッテリー 17 とが収納されている。また胴体部ユニット 2 には、ペットロボット 1 の向きや動きの加速度を検出するための角速度センサ 18 及び加速度センサ 19 などとも収納されている。

【0014】

また頭部ユニット 4 には、外部の状況を撮像するための CCD (Charge Coupled Device) カメラ 20 と、ユーザからの「撫でる」や「叩く」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出するためのタッチセンサ 21 と、前方に位置する物体までの距離を測定するための距離センサ 22 と、外部音を集音するため

のマイクロホン 2 3 と、鳴き声等の音声を出力するためのスピーカ 2 4 と、ペットロボット 1 の「目」に相当する LED (Light Emitting Diode) (図示せず) などがそれぞれ所定位置に配設されている。

【0 0 1 5】

さらに各脚部ユニット 3 A ~ 3 D の関節部分や、各脚部ユニット 3 A ~ 3 D 及び胴体部ユニット 2 の各連結部分、頭部ユニット 4 及び胴体部ユニット 2 の連結部分、並びに尻尾部ユニット 5 の尻尾 5 A の連結部分などにはそれぞれ自由度数分のアクチュエータ $2 5_1 \sim 2 5_n$ 及びポテンショメータ $2 6_1 \sim 2 6_n$ が配設されている。

【0 0 1 6】

そしてこれら角速度センサ 1 8、加速度センサ 1 9、タッチセンサ 2 1、距離センサ 2 2、マイクロホン 2 3、スピーカ 2 4 及び各ポテンショメータ $2 6_1 \sim 2 6_n$ などの各種センサ並びに LED 及び各アクチュエータ $2 5_1 \sim 2 5_n$ は、それぞれ対応するハブ $2 7_1 \sim 2 7_N$ を介してコントロール部 1 6 の信号処理回路 1 4 と接続され、CCD カメラ 2 0 及びバッテリー 1 7 は、それぞれ信号処理回路 1 4 と直接接続されている。

【0 0 1 7】

このとき信号処理回路 1 4 は、上述の各センサから供給されるセンサデータや画像データ及び音声データを順次取り込み、これらをそれぞれ内部バス 1 5 を介して DRAM 1 1 内の所定位置に順次格納する。また信号処理回路 1 4 は、これと共にバッテリー 1 7 から供給されるバッテリー残量を表すバッテリー残量データを順次取り込み、これを DRAM 1 1 内の所定位置に格納する。

【0 0 1 8】

そしてこのようにして DRAM 1 1 に格納された各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データは、この後 CPU 1 0 がこのペットロボット 1 の動作制御を行う際に利用される。

【0 0 1 9】

實際上 CPU 1 0 は、ペットロボット 1 の電源が投入された初期時、胴体部ユニット 2 の図示しない PC カードスロットに装填されたメモリカード 2 8 又はフ

ラッシュROM12に格納された制御プログラムをPCカードインターフェース回路13を介して又は直接読み出し、これをDRAM11に格納する。

【0020】

またCPU10は、この後上述のように信号処理回路14よりDRAM11に順次格納される各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データに基づいて自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけの有無などを判断する。

【0021】

さらにCPU10は、この判断結果及びDRAM11に格納した制御プログラムに基づいて続く行動を決定すると共に、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ $25_1 \sim 25_n$ を駆動させることにより、頭部ユニット4を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット5の尻尾5Aを動かしたり、各脚部ユニット3A \sim 3Dを駆動させて歩行させるなどの行動を行わせる。

【0022】

またこの際CPU10は、必要に応じて音声データを生成し、これを信号処理回路14を介して音声信号としてスピーカ24に与えることにより当該音声信号に基づく音声を外部に出力させたり、上述のLEDを点灯、消灯又は点滅させる。

【0023】

このようにしてこのペットロボット1においては、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じて自律的に行動し得るようになされている。

【0024】

(1-2) 制御プログラムのソフトウェア構成

ここでペットロボット1における上述の制御プログラムのソフトウェア構成を図3に示す。この図3において、デバイス・ドライバ・レイヤ30は、この制御プログラムの最下位層に位置し、複数のデバイス・ドライバからなるデバイス・ドライバ・セット31から構成されている。この場合各デバイス・ドライバは、CCDカメラ20（図2）やタイマ等の通常のコンピュータで用いられるハードウェアに直接アクセスすることを許されたオブジェクトであり、対応するハード

ウェアからの割り込みを受けて処理を行う。

【0025】

またロボティック・サーバ・オブジェクト32は、デバイス・ドライバ・レイヤ30の上位層に位置し、例えば上述の各種センサやアクチュエータ25₁～25_n等のハードウェアにアクセスするためのインターフェースを提供するソフトウェア群でなるバーチャル・ロボット33と、電源の切換えなどを管理するソフトウェア群でなるパワーマネージャ34と、他の種々のデバイス・ドライバを管理するソフトウェア群でなるデバイス・ドライバ・マネージャ35と、ペットロボット1の機構を管理するソフトウェア群でなるデザインド・ロボット36とから構成されている。

【0026】

マネージャ・オブジェクト37は、オブジェクト・マネージャ38及びサービス・マネージャ39から構成されている。この場合オブジェクト・マネージャ38は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32、ミドル・ウェア・レイヤ40、及びアプリケーション・レイヤ41に含まれる各ソフトウェア群の起動や終了を管理するソフトウェア群であり、サービス・マネージャ39は、メモリカード28（図2）に格納されたコネクションファイルに記述されている各オブジェクト間の接続情報に基づいて各オブジェクトの接続を管理するソフトウェア群である。

【0027】

ミドル・ウェア・レイヤ40は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32の上位層に位置し、画像処理や音声処理などのこのペットロボット1の基本的な機能を提供するソフトウェア群から構成されている。またアプリケーション・レイヤ41は、ミドル・ウェア・レイヤ40の上位層に位置し、当該ミドル・ウェア・レイヤ40を構成する各ソフトウェア群によって処理された処理結果に基づいてペットロボット1の行動を決定するためのソフトウェア群から構成されている。

【0028】

なおミドル・ウェア・レイヤ40及びアプリケーション・レイヤ41の具体的な

ソフトウェア構成をそれぞれ図 4 及び図 5 に示す。

【 0 0 2 9 】

ミドル・ウェア・レイヤ 4 0 においては、図 4 から明らかなように、音階認識用、距離検出用、姿勢検出用、タッチセンサ用、動き検出用及び色認識用の各信号処理モジュール 5 0 ～ 5 5 並びに入力セマンティクスコンバータモジュール 5 6 などを有する認識系 5 7 と、出力セマンティクスコンバータモジュール 5 7 並びに姿勢管理用、トラッキング用、モーション再生用、歩行用、転倒復帰、LED 点灯用及び音再生用の各信号処理モジュール 5 8 ～ 6 4 などを有する出力系 6 5 とから構成されている。

【 0 0 3 0 】

この場合認識系 5 7 の各信号処理モジュール 5 0 ～ 5 5 は、ロボティック・サーバ・オブジェクト 3 2 のバーチャル・ロボット 3 3 により DRAM 1 1 (図 2) から読み出される各センサデータや画像データ及び音声データのうちの対応するデータを取り込み、当該データに基づいて所定の処理を施して、処理結果を入力セマンティクスコンバータモジュール 5 6 に与える。

【 0 0 3 1 】

入力セマンティクスコンバータモジュール 5 6 は、これら各信号処理モジュール 5 0 ～ 5 5 から与えられる処理結果に基づいて、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、ユーザからの指令及び働きかけを認識し、認識結果をアプリケーション・レイヤ 4 1 (図 2) に出力する。

【 0 0 3 2 】

アプリケーション・レイヤ 4 1 においては、図 5 に示すように、行動モデルライブラリ 7 0、行動切換えモジュール 7 1、学習モジュール 7 2、感情モデル 7 3 及び本能モデル 7 4 の 5 つのモジュールから構成されている。

【 0 0 3 3 】

この場合行動モデルライブラリ 7 0 には、図 6 に示すように、「バッテリー残量が少なくなった場合」、「転倒復帰する場合」、「障害物を回避する場合」、「

感情を表現する場合」、「ボールを検出した場合」などの予め選択されたいくつかの条件項目にそれぞれ対応させて、それぞれ独立した行動モデル $70_1 \sim 70_n$ が設けられている。

【0034】

そしてこれら行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール 56 から認識結果が与えられたときや、最後の認識結果が与えられてから一定時間が経過したときなどに、必要に応じて後述のように感情モデル 73 に保持されている対応する情動のパラメータ値や、本能モデル 74 に保持されている対応する欲求のパラメータ値を参照しながら続く行動をそれぞれ決定し、決定結果を行動切換えモジュール 71 に出力する。

【0035】

なおこの実施の形態の場合、各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、次の行動を決定する手法として、図 7 に示すような 1 つのノード（状態） $NODE_0 \sim NODE_n$ から他のどのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ に遷移するかを各ノード $NODE_0 \sim NODE_n$ 間を接続するアーク $ARC_1 \sim ARC_{n1}$ に対してそれぞれ設定された遷移確率 $P_1 \sim P_n$ に基づいて確率的に決定する確率オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用いる。

【0036】

具体的に、各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、それぞれ自己の行動モデル $70_1 \sim 70_n$ を形成する各ノード $NODE_0 \sim NODE_n$ にそれぞれ対応させて、これらノード $NODE_0 \sim NODE_n$ ごとの図 8 に示すような状態遷移表 80 を有している。

【0037】

この状態遷移表 80 では、そのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ において遷移条件とする入力イベント（認識結果）が「入力イベント名」の行に優先順に列記され、その遷移条件についてのさらなる条件が「データ名」及び「データ範囲」の行における対応する列に記述されている。

【0038】

従って図 8 の状態遷移表 80 で表されるノード $NODE_{100}$ では、「ボールを

検出 (BALL)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるそのボールの「大きさ (SIZE)」が「0から1000」の範囲であることや「障害物を検出 (OBSTACLE)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるその障害物までの「距離 (DISTANCE)」が「0から100」の範囲であることが他のノードに遷移するための条件となっている。

【0039】

またこのノード $NODE_{100}$ では、認識結果の入力がない場合においても、行動モデル $70_1 \sim 70_n$ が周期的に参照する感情モデル 73 及び本能モデル 74 に保持された各情動及び各欲求のパラメータ値のうち、又は感情モデル 73 に保持された「喜び (JOY)」、「驚き (SURPRISE)」若しくは「悲しみ (SUDNESS)」のいずれかのパラメータ値が「50から100」の範囲であるときには他のノードに遷移することができるようになっている。

【0040】

また状態遷移表 80 では、「他のノードへの遷移確率」の欄における「遷移先ノード」の列にそのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ から遷移できるノード名が列記されると共に、「入力イベント名」、「データ値」及び「データの範囲」の行に記述された全ての条件が揃ったときに遷移できる他の各ノード $NODE_0 \sim NODE_n$ への遷移確率が「他のノードへの遷移確率」の欄内の対応する箇所にそれぞれ記述され、そのノード $NODE_0 \sim NODE_n$ に遷移する際に出力すべき行動が「他のノードへの遷移確率」の欄における「出力行動」の行に記述されている。なお「他のノードへの遷移確率」の欄における各行の確率の和は100 [%] となっている。

【0041】

従って図 8 の状態遷移表 80 で表されるノード $NODE_{100}$ では、例えば「ボールを検出 (BALL)」し、そのボールの「SIZE (大きさ)」が「0から1000」の範囲であるという認識結果が与えられた場合には、「30 [%]」の確率で「ノード $NODE_{120}$ (node 120)」に遷移でき、そのとき「ACTION 1」の行動が出力されることとなる。

【0042】

そして各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ は、それぞれこのような状態遷移表80として記述されたノード $NODE_0 \sim NODE_n$ がいくつも繋がるようにして構成されており、入力セマンティクスコンバータモジュール56から認識結果が与えられたときなどに、対応するノード $NODE_0 \sim NODE_n$ の状態遷移表80を利用して確率的に次の行動を決定し、決定結果を行動切換えモジュール71に出力するようになされている。

【0043】

行動切換えモジュール71は、行動モデルライブラリ70の各行動モデル $70_1 \sim 70_n$ からそれぞれ出力される行動のうち、予め定められた優先順位の高い行動モデル $70_1 \sim 70_n$ から出力された行動を選択し、当該行動を実行すべき旨のコマンド（以下、これを行動コマンドと呼ぶ）をミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータ57に送出する。なおこの実施の形態においては、図6において下側に表記された行動モデル $70_1 \sim 70_n$ ほど優先順位が高く設定されている。

【0044】

また行動切換えモジュール71は、行動完了後に出力セマンティクスコンバータ57から与えられる行動完了情報に基づいて、その行動が完了したことを学習モジュール72、感情モデル73及び本能モデル74に通知する。

【0045】

一方、学習モジュール72は、入力セマンティクスコンバータ56から与えられる認識結果のうち、「叩かれた」や「撫でられた」など、ユーザからの働きかけとして受けた教示の認識結果を入力する。

【0046】

そして学習モジュール72は、この認識結果及び行動切換えモジュール71からの通知に基づいて、「叩かれた（叱られた）」ときにはその行動の発現確率を低下させ、「撫でられた（誉められた）」ときにはその行動の発現確率を上昇させるように、行動モデルライブラリ70における対応する行動モデル $70_1 \sim 70_n$ の対応する遷移確率を変更する。

【 0 0 4 7 】

他方、感情モデル 7 3 は、「喜び (joy)」、「悲しみ (sadness)」、「怒り (anger)」、「驚き (surprise)」、「嫌悪 (disgust)」及び「恐れ (fear)」の合計 6 つの情動について、各情動ごとにその情動の強さを表すパラメータを保持している。そして感情モデル 7 3 は、これら各情動のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール 5 6 から与えられる「叩かれた」及び「撫でられた」などの特定の認識結果と、経過時間及び行動切換えモジュール 7 1 からの通知となどに基づいて順次更新するようになされている。

【 0 0 4 8 】

具体的に感情モデル 7 3 は、入力セマンティクスコンバータ 5 6 からの認識結果及びそのときのペットロボット 1 の行動がその情動に対して作用する度合い（予め設定されている）と、本能モデル 7 4 が保持している各欲求のパラメータ値及びそのときのペットロボット 1 の行動がその情動に対して作用する度合い（予め設定されている）と、他の情動から受ける抑制及び刺激の度合いと、経過時間となどに基づいて所定の演算式により算出されるその情動の変動量を $\Delta E [t]$ 、現在のその情動のパラメータ値を $E [t]$ 、認識結果等に応じてその情動を変化させる割合（以下、これを感度と呼ぶ）を表す係数を k_e として、所定周期で次式

【 0 0 4 9 】

【数 1】

$$E [t + 1] = E [t] + k_e \times \Delta E [t] \quad \dots\dots (1)$$

【 0 0 5 0 】

を用いて次の周期におけるその情動のパラメータ値 $E [t + 1]$ を算出する。

【 0 0 5 1 】

そして感情モデル 7 3 は、この演算結果を現在のその情動のパラメータ値 $E [t]$ と置き換えるようにしてその情動のパラメータ値を更新する。なお各認識結果や行動切換えモジュール 7 1 からの通知に対してどの情動のパラメータ値を更新するかは予め決められており、例えば「叩かれた」といった認識結果が与えら

れた場合には「怒り」の情動のパラメータ値が上がり、「撫でられた」といった認識結果が与えられた場合には「喜び」の情動のパラメータ値が上がる。

【0052】

これに対して本能モデル74は、「運動欲 (exercise)」、「愛情欲 (affection)」、「食欲 (appetite)」及び「好奇心 (curiosity)」の互いに独立した4つの欲求について、これら欲求ごとにその欲求の強さを表すパラメータを保持している。そして本能モデル74は、これら欲求のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール56から与えられる認識結果や、経過時間及び行動切換えモジュール71からの通知などに基づいて順次更新するようになされている。

【0053】

具体的に本能モデル74は、「運動欲」、「愛情欲」及び「好奇心」については、ペットロボット1の行動出力、経過時間及び認識結果などに基づいて所定の演算式により算出されるその欲求の変動量を $\Delta I[k]$ 、現在のその欲求のパラメータ値を $I[k]$ 、その欲求の感度を表す係数を k_i として、所定周期で次式

【0054】

【数2】

$$I[k+] = I[k] + k_i \times \Delta I[k] \quad \dots\dots (2)$$

【0055】

を用いて次の周期におけるその欲求のパラメータ値 $I[k+1]$ を算出し、この演算結果を現在のその欲求のパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにしてその欲求のパラメータ値を更新する。なお行動出力や認識結果等に対してどの欲求のパラメータ値を変化させるかは予め決められており、例えば行動切換えモジュール71からの通知（行動を行ったとの通知）があったときには「運動欲」のパラメータ値が下がる。

【0056】

また本能モデル74は、「食欲」については、入力セマンティクスコンバータモジュール56を介して与えられるバッテリー残量データに基づいて、バッテリー残

量を B_L として、所定周期で次式

【0057】

【数3】

$$I[k] = 100 - B_L \quad \dots\dots (3)$$

【0058】

により「食欲」のパラメータ値 $I[k]$ を算出し、この演算結果を現在の食欲のパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにして当該「食欲」のパラメータ値を更新する。

【0059】

なお本実施の形態においては、各情動及び各欲求のパラメータ値がそれぞれ0から100までの範囲で変動するように規制されており、また係数 k_e 、 k_i の値も各情動及び各欲求ごとに個別に設定されている。

【0060】

一方、ミドル・ウェア・レイヤ40の出力セマンティクスコンバータモジュール57は、図4に示すように、上述のようにしてアプリケーション・レイヤ41の行動切換えモジュール71から与えられる「前進」、「喜ぶ」、「鳴く」又は「トラッキング（ボールを追いかける）」といった抽象的な行動コマンドを出力系65の対応する信号処理モジュール58～64に与える。

【0061】

そしてこれら信号処理モジュール58～64は、行動コマンドが与えられると当該行動コマンドに基づいて、その行動を行うために対応するアクチュエータ $25_1 \sim 25_n$ （図2）に与えるべきサーボ指令値や、スピーカ24（図2）から出力する音の音声データ及び又は「目」のLEDに与える駆動データを生成し、これらのデータをロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャルロボット33及び信号処理回路14（図2）を順次介して対応するアクチュエータ $25_1 \sim 25_n$ 、スピーカ24又はLEDに順次送出する。

【0062】

このようにしてこのペットロボット1においては、制御プログラムに基づいて

、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じた自律的な行動を行うことができるようになされている。

【0063】

(1-3) ペットロボット1の成長モデル

(1-3-1) 行動の成長

次にこのペットロボット1に実装された成長機能について説明する。このペットロボット1には、ユーザからの働きかけ等に応じて、あたかも本物の動物が「成長」するかのごとく行動を変化させてゆく成長機能が実装されている。

【0064】

すなわちこのペットロボット1には、成長過程として「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の5つの「成長ステージ」が設けられている。そしてアプリケーション・レイヤ41の行動モデルライブラリ70(図5)には、上述した「バッテリー残量が少なくなった場合」等の各条件項目のうち、「歩行状態」、「モーション(動き)」、「行動」及び「サウンド(鳴き声)」の4つの項目に関係した全ての条件項目(以下、これを成長関連条件項目と呼ぶ)について、図9に示すように、行動モデル 70_k として、「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」にそれぞれ対応させた行動モデル $70_{k(1)} \sim 70_{k(5)}$ が設けられている。そして行動モデルライブラリ71では、これら成長関連条件項目について、初期時には「誕生期」の行動モデル $70_{k(1)}$ を用いて次の行動を決定するようになされている。

【0065】

この場合「誕生期」の各行動モデル $70_{k(1)}$ はノード $NODE_0 \sim NODE_n$ (図7)の数が少なく、またこれら行動モデル $70_{k(1)}$ から出力される行動の内容も「パターン1(「誕生期」用の歩行パターン)で前進」や、「パターン1(「誕生期」用の鳴き声パターン)で鳴く」のように、「誕生期」に対応した行動又は動作内容となっている。

【0066】

かくしてこのペットロボット1においては、初期時には「誕生期」の各行動モデル $70_{k(1)}$ に従って、例えば「歩行状態」は歩幅が小さく「よちよち歩き」と

なるように、「モーション」については単に「歩く」、「立つ」、「寝る」程度の「単純」な動きとなるように、「行動」については同じ行動を繰り返し行うことにより「単調」となるように、また「サウンド」については「小さく短い」鳴き声となるように行動及び動作する。

【0067】

またこのときアプリケーション・レイヤ41の学習モジュール72（図5）は、その内部に「成長」の度合いを表すパラメータ（以下、これを成長パラメータと呼ぶ）を保持しており、入力セマンティクスコンバータモジュール56から与えられる認識結果や経過時間情報などに基づいて、成長パラメータの値を「撫でられた」や「叩かれた」等のユーザからの働きかけ（教示）の回数や経過時間等に応じて順次更新するようになされている。

【0068】

そして学習モジュール72は、ペットロボット1に電源が投入される度にこの成長パラメータの値を評価し、当該値が「幼年期」に対応させて予め設定された閾値を越えた場合には、これを行動モデルライブラリ70に通知する。また行動モデルライブラリ70は、この通知が与えられると、上述の各成長関連条件項目について、それぞれ使用する行動モデルを「幼年期」の行動モデル70_{k(2)}に変更する。

【0069】

このとき「幼年期」の各行動モデル70_{k(2)}は「誕生期」の行動モデル70_{k(1)}よりもノードNODE₀～NODE_nの数が多く、またこれら行動モデル70_{k(2)}から出力される行動の内容も「幼年期」の行動に比べて難易度や複雑さのレベル（成長レベル）が高くなっている。

【0070】

かくしてこのペットロボット1においては、この後はこれら行動モデル70_{k(2)}に従って、例えば「歩行状態」については各アクチュエータ25₁～25_n（図2）の回転速度を速くするなどして「少しはしっかり」と歩くように、「モーション」については行動の数が増加することにより「少しは高度かつ複雑」な動きとなるように、「行動」については「少しは目的をもった」行動となるように

、また「サウンド」については「少しは長く大きい」鳴き声となるように行動及び動作する。

【0071】

さらに学習モジュール74は、この後上述の場合と同様にして、成長パラメータの値が「少年期」、「青年期」及び「成人期」にそれぞれ対応させて予め設定された各閾値を越える度にこれを行動モデルライブラリ71に通知する。また行動モデルライブラリ71は、この通知が与えられる度に上述の各成長関連条件項目について、それぞれ使用する行動モデルを「少年期」、「青年期」及び「成人期」の行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ に順次変更する。

【0072】

このとき「少年期」、「青年期」及び「成人期」の各行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ は、それぞれ「成長ステージ」が上がるにつれてノード $NODE_0 \sim NODE_n$ の数が多くなり、またこれら行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ から出力される行動の内容も「成長ステージ」が上がるにつれて行動の難易度や複雑さのレベルが高くなっている。

【0073】

この結果このペットロボット1では、「成長ステージ」が上がる（すなわち「誕生期」から「幼年期」、「幼年期」から「少年期」、「少年期」から「青年期」、「青年期」から「成人期」に変化する）に従って、「歩行状態」が「よちよち歩き」から「しっかりした歩き」に、「モーション」が「単純」から「高度・複雑」に、「行動」が「単調」から「目的をもった行動」に、かつ「サウンド」が「小さく短い」から「長く大きい」に順次段階的に変化する。

【0074】

このようにしてこのペットロボット1においては、ユーザから与えられる教示や時間経過に応じて、行動及び動作が「誕生期」、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の5段階で「成長」するようになされている。

【0075】

なおこの実施の形態の場合、ペットロボット1の成長モデルは、図10に示すように「少年期」以降において枝分かれするモデルとなっている。

【0076】

すなわちこのペットロボット1の場合、アプリケーション・レイヤ41（図5）の行動モデルライブラリ70には、上述の各成長関連条件項目について、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の行動モデル $70_{k(3)} \sim 70_{k(5)}$ としてそれぞれ複数の行動モデルが用意されている。

【0077】

實際上、各成長関連条件項目の例えば「少年期」の行動モデルとしては、動きが雑で速い「荒々しい」性格の行動を行わせるための行動モデル（CHILD 1）と、これよりも動きが滑らかで遅い「おっとり」とした性格の行動を行わせるための行動モデル（CHILD 2）とが用意されている。

【0078】

また「青年期」の行動モデルとしては、「少年期」の「荒々しい」性格よりもより動きが雑で速い「いらいら」した性格の行動を行わせるための行動モデル（YOUNG 1）と、これよりも動きが遅くかつ滑らかな「普通」の性格の行動及び動作を行わせるための行動モデル（YOUNG 2）と、これよりも一層動作が遅くかつ行動量が少ない「おっとり」とした性格の行動を行わせるための行動モデル（YOUNG 3）とが用意されている。

【0079】

さらに「成人期」の行動モデルとしては、「青年期」の「いらいら」した性格よりもより動きが雑で速く、かつ非常に怒りやすい「攻撃的」な性格の行動を行わせるための行動モデル（ADULT 1）と、これよりも動きが滑らかで遅く、かつ怒りやすい「荒々しい」性格の行動を行わせるための行動モデル（ADULT 2）と、これよりも動きが滑らかで遅く、かつ行動量が少ない「おとなしい」性格の行動を行わせるための行動モデル（ADULT 3）と、これよりもさらに一層動きが遅く、かつ行動量が少ない「静かな」性格の行動を行わせるための行動モデル（ADULT 4）とが用意されている。

【0080】

そしてアプリケーション・レイヤ41の学習モジュール72（図5）は、上述のように行動モデルライブラリ70に対して「成長ステージ」を上げさせるため

の通知を行う際に、「少年期」以降では、その「成長ステージ」において「叩かれた」及び「撫でられた」回数等に基づいて、各成長関連条件項目の次の「成長ステージ」の行動モデルとしてどの「性格」の行動モデルCHILD 1、CHILD 2、YOUNG 1～YOUNG 3、ADULT 1～ADULT 4を用いるかを指定する。

【0081】

この結果、行動モデルライブラリ70は、この指定に基づいて、各成長関連条件項目について、「少年期」以降では使用する行動モデルを指定された「性格」の行動モデルにそれぞれ変更する。

【0082】

この場合「少年期」以降では、次の「成長ステージ」に移る際、現在の「成長ステージ」での「性格」によって次の「成長ステージ」での「性格」が決まっており、図10において矢印で結ばれた「性格」間での移行しかできない。従って例えば「少年期」において「荒々しい」性格の行動モデル(CHILD 1)が用いられている場合には、「青年期」において「おっとり」とした性格の行動モデル(YOUNG 3)に移行することができない。

【0083】

このようにこのペットロボット1においては、あたかも本物の動物が飼い主の飼育の仕方等によって性格を形成してゆくかのごとく、ユーザからの働きかけ等に応じて、「成長」に伴って「性格」をも変化させてゆくようになされている。

【0084】

(1-3-2) 感情及び本能の成長

かかる構成に加えてこのペットロボット1の場合、上述のような行動の「成長」に伴って感情及び本能をも「成長」させてゆくようになされている。

【0085】

すなわちこのペットロボット1の場合、アプリケーション・レイヤ41の感情モデル73(図5)には、図12(A)～(E)に示すような各「成長ステージ」ごとの各情動に対する(1)式の係数 k_e の値をそれぞれ記述したファイル(以下、これらを感情パラメータファイルと呼ぶ)90A～90Eが格納されている。

【数 1 3】

91A	TWEETY	Appetite 0.6 Affection 0.0 Curiosity 0.0 Exercise 0.0	(A)
91B	BABY	Appetite 0.5 Affection 0.6 Curiosity 0.0 Exercise 0.0	(B)
91C	CHILD	Appetite 0.5 Affection 0.3 Curiosity 0.4 Exercise 0.0	(C)
91D	YOUNG	Appetite 0.5 Affection 0.3 Curiosity 0.6 Exercise 0.7	(D)
91E	ADULT	Appetite 0.5 Affection 0.3 Curiosity 0.5 Exercise 0.5	(E)

図 1 3 各「成長ステージ」ごとの本能パラメータファイル

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

アミューズメント性の高いロボット装置及びその制御方法を実現し難かった。

【解決手段】

順次更新される感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルの各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置及びその制御方法において、行動生成に使用する情動及び又は欲求の数を、徐々に増減させるようにした。また感情モデルの各情動のパラメータ値及び又は本能モデルの各欲求のパラメータ値に基づいて行動を生成するロボット装置及びその制御方法において、外部から与えられる刺激及び又は経過時間に基づいて、各情動のパラメータ値及び又は各欲求のパラメータ値を、各情動及び又は各欲求に対して個別に設定された対応する感度で順次更新すると共に、環境を評価し、当該評価結果に基づいて各情動及び又は各欲求に対する各感度をそれぞれ更新するようにした。

【選択図】 図 13

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社